

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION  
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)(19) Organisation Mondiale de la Propriété  
Intellectuelle  
Bureau international(43) Date de la publication internationale  
16 janvier 2003 (16.01.2003)

PCT

(10) Numéro de publication internationale  
WO 03/005472 A2(51) Classification internationale des brevets<sup>9</sup> : H01M 8/04(21) Numéro de la demande internationale :  
PCT/FR02/01972

(22) Date de dépôt international : 10 juin 2002 (10.06.2002)

(25) Langue de dépôt : français

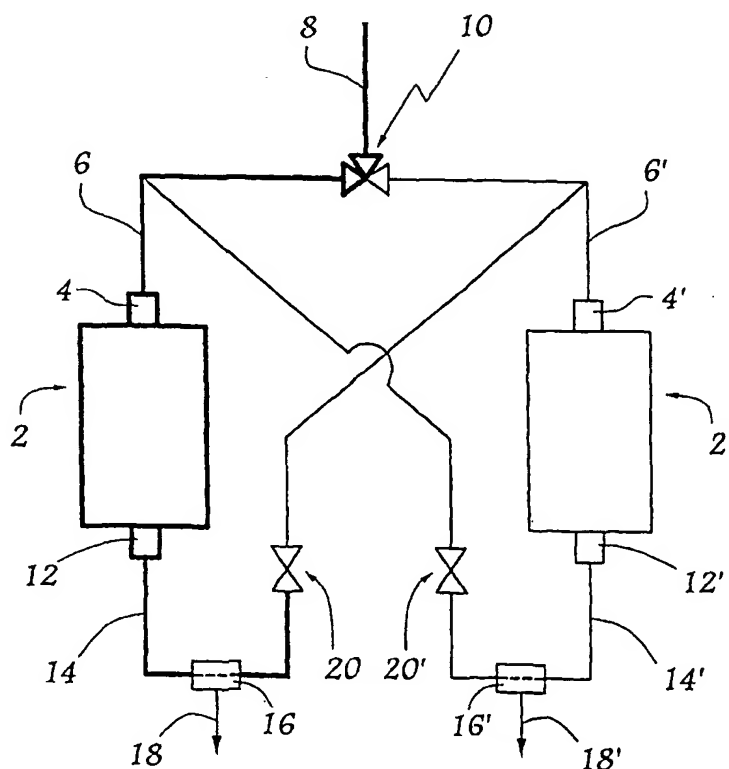
(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :  
01/08488 27 juin 2001 (27.06.2001) FR(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : L'AIR  
LIQUIDE, SOCIÉTÉ ANONYME À DIRECTOIRE  
ET CONSEIL DE SURVEILLANCE POUR L'ÉTUDE  
ET L'EXPLOITATION DES PROCÉDES GEORGES  
CLAUDE [FR/FR]; 75, quai d'Orsay, F-75321 Paris  
Cédex 07 (FR).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : CHARLAT,  
Pierre [FR/FR]; 86, allée du Marais, F-38250 Lans En Ver-  
cors (FR). NOVET, Thierry [FR/FR]; Impasse du Capiton,  
F-38190 Bernin (FR).

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: METHOD AND INSTALLATION FOR DRAINING WATER CONTAINED IN A HYDROGEN CIRCUIT OF A FUEL-  
CELL POWER PLANT(54) Titre : PROCÉDE ET INSTALLATION DE PURGE DE L'EAU INCLUSE DANS LE CIRCUIT HYDROGENE D'UN EN-  
SEMBLE DE PRODUCTION D'ÉNERGIE À BASE DE PILE À COMBUSTIBLE

(57) Abstract: The invention concerns a method which consists in producing the fuel cell block(s) so as to provide it/them with two anode sections (2, 2'), in connecting the output (12, 12') of each anode section to the input (4, 4') of the other anode section, and in providing two opening-closing members (20, 20') respectively between the output of the first section and the input of the second section, and between the output of the second section and the input of the first section. Each opening-closing member is opened so as to generate a hydrogen flow from one to the other of said sections, when the difference of pressures between said sections exceeds a first predetermined value, whereas each opening-closing member is closed when the difference

[Suite sur la page suivante]

WO 03/005472 A2

**WO 03/005472 A2**

(74) Mandataires : LEMOENNER, Gabriel etc.; L'Air Liquide SA, 75, quai d'Orsay, F-75321 Paris Cedex 07 (FR).

**Publiée :**

— *sans rapport de recherche internationale, sera republiée dès réception de ce rapport*

(81) États désignés (national) : CA, US.

(84) États désignés (régional) : brevet européen (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).

*En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.*

**Déclaration en vertu de la règle 4.17 :**

— *relative au droit du déposant de revendiquer la priorité de la demande antérieure (règle 4.17.iii)) pour toutes les désignations*

of pressures is less than a second predetermined value, substantially less than the first predetermined value.

(57) **Abrégé :** Selon ce procédé, on réalise le ou les block(s) pile à combustible, de manière à lui (leur) faire comporter deux compartiments anodiques (2, 2'), on raccorde la sortie (12, 12') de chaque compartiment anodique à l'entrée (4', 4) de l'autre compartiment anodique, et on dispose deux organes d'ouverture-fermeture (20, 20'), respectivement entre la sortie du premier compartiment et l'entrée du second compartiment, et entre la sortie du second compartiment et l'entrée du premier compartiment. On ouvre chaque organe d'ouverture-fermeture, de manière à générer un écoulement d'hydrogène de l'un vers l'autre de ces compartiments, lorsque la différence de pressions entre ces compartiments devient supérieure à une première valeur prédéterminée, alors qu'on ferme chaque organe d'ouverture-fermeture, lorsque la différence de pressions d'ouverture-fermeture, lorsque la différence de pressions devient inférieure à une seconde valeur prédéterminée, sensiblement inférieure à la première valeur prédéterminée.

WO 03/005472

PCT/FR02/01972

Procédé et installation de purge de l'eau incluse dans le circuit hydrogène d'un ensemble de production d'énergie à base de pile à combustible

La présente invention concerne un procédé et une installation de purge de l'eau incluse dans le circuit hydrogène d'un ensemble de production d'énergie à base de pile à combustible.

5 De façon classique, un tel ensemble de production d'énergie comprend un bloc pile à combustible, qui comporte un compartiment cathodique, dans lequel l'oxygène de l'air est réduit, avec production d'eau, ainsi qu'un compartiment anodique, où se produit l'oxydation de l'hydrogène.

10 Une membrane de type échangeuse d'ions sépare physiquement les compartiments cathodique et anodique, alors que ces derniers se trouvent reliés par un circuit électrique extérieur.

Le compartiment cathodique est pourvu d'une conduite  
15 d'arrivée d'air, ainsi que d'une conduite d'évacuation de cet air appauvri en oxygène, mélangé à de l'eau.

De façon analogue, le compartiment anodique est mis en communication avec une ligne d'arrivée d'hydrogène, ainsi qu'une ligne d'évacuation de l'hydrogène consommé.

20 Ce dernier est mélangé avec une fraction d'eau, qui a été produite au niveau de la cathode et a traversé la membrane de séparation. De l'azote, ayant diffusé à travers cette membrane, est également mélangé à l'hydrogène, ainsi que d'éventuelles impuretés, initialement présentes dans  
25 l'hydrogène.

Afin de maintenir des conditions fonctionnelles optimales, il est connu d'éliminer l'eau, l'azote et les impuretés en procédant à des purges régulières du circuit d'hydrogène. La fréquence de ces dernières, qui dépend des  
30 caractéristiques de la pile ainsi que de ses régimes de fonctionnement, est susceptible de varier de quelques secondes à quelques minutes.

On conçoit que la mise en œuvre de telles purges induit la perte d'une quantité résiduelle d'hydrogène, qui

WO 03/005472

PCT/FR02/01972

2

n'est pas consommée. Afin d'éviter un tel phénomène, il est connu d'assurer une recirculation du mélange issu de la sortie du compartiment anodique du bloc pile, afin de recycler ce mélange vers l'entrée de ce compartiment.

5 Bien qu'elle assure un brassage permanent des gaz, cette recirculation implique cependant certains inconvénients.

En effet, elle nécessite la mise en œuvre d'organes mécaniques spécifiques, notamment d'une machine tournante,  
10 ou circulateur, dont la structure est complexe et les conditions de fonctionnement délicates. Cette machine tournante génère donc des coûts supplémentaires notables, en termes d'investissement et de maintenance.

Par ailleurs, cette recirculation de l'hydrogène ne  
15 permet pas toujours de bénéficier de conditions optimales afin d'éliminer de l'eau, notamment lorsque la vitesse du mélange d'hydrogène, d'eau, d'azote et des impuretés n'est pas suffisante.

Ceci n'est pas favorable au bilan hydrique global de  
20 la pile, dans la mesure où cette eau non récupérée ne peut pas être utilisée par ailleurs, notamment pour assurer l'humification et/ou le refroidissement des cellules de la pile.

Il pourrait certes être remédié à cet inconvénient en  
25 soumettant le mélange à une recirculation plus rapide. Cependant, il faudrait alors conférer au circulateur des dimensions plus importantes, ce qui rendrait encore plus aigus les problèmes, évoqués ci-dessus, inhérents à la présence de ce circulateur.

30 Afin de remédier à ces différents inconvénients, l'invention se propose de mettre en œuvre un procédé qui, tout en assurant un brassage efficace des gaz présents dans le circuit hydrogène, permet d'évacuer de façon

WO 03/005472

PCT/FR02/01972

3

satisfaisante l'eau présente dans ce circuit, au moyen d'organes mécaniques peu complexes.

A cet effet, elle a pour objet un procédé de purge de l'eau incluse dans le circuit hydrogène d'un ensemble de production d'énergie à base de pile à combustible, comportant au moins un bloc pile à combustible, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes suivantes :

- on réalise le ou les bloc(s) pile à combustible, de manière à lui (leur) faire comporter deux compartiments anodiques,
- on raccorde la sortie de chaque compartiment anodique à l'entrée de l'autre compartiment anodique,
- on dispose des premier et second organes d'ouverture-fermeture, en particulier des clapets, respectivement entre la sortie du premier compartiment anodique et l'entrée du second compartiment anodique, et entre la sortie du second compartiment anodique et l'entrée du premier compartiment anodique; et
- on ouvre chaque organe d'ouverture-fermeture, de manière à générer un écoulement d'hydrogène de l'un ou vers l'autre de ces compartiments, lorsque la différence de pressions entre ces compartiments, correspondant à la différence entre, d'une part, la pression régnant à la sortie de l'un des compartiments anodiques et, d'autre part, la pression régnant à l'entrée (ou à la sortie) ou de l'autre de ces compartiments, devient supérieure à une première valeur prédéterminée, alors qu'on ferme chaque organe d'ouverture-fermeture, de manière à arrêter ledit écoulement, lorsque ladite différence de pressions devient inférieure à une seconde valeur prédéterminée, sensiblement inférieure à ladite première valeur prédéterminée.

Selon d'autres caractéristiques de l'invention :

- la différence de pressions entre les deux compartiments correspond à la différence entre la pression

WO 03/005472

PCT/FR02/01972

4

régnant à la sortie de l'un des compartiments, et la pression régnant à l'entrée de l'autre de ces compartiments ;

5 - la première valeur prédéterminée, correspondant à l'ouverture de l'organe d'ouverture-fermeture, est comprise entre 50 et 1 000 mbars, de préférence entre 200 et 500 mbars ;

10 - la seconde valeur prédéterminée, correspondant à la fermeture de l'organe d'ouverture-fermeture, est comprise entre 10 et 300 mbars, de préférence entre 50 et 100 mbars ;

- la différence entre la première valeur prédéterminée et la seconde valeur prédéterminée est supérieure à 100 mbars ;

15 - la différence de pressions entre les deux compartiments correspond à la différence entre la pression régnant à la sortie de l'un (des compartiments, et la pression régnant à la sortie de l'autre de ces compartiments ;

20 - la première valeur prédéterminée, correspondant à l'ouverture de l'organe d'ouverture-fermeture, est comprise entre 50 et 1 000 mbars, de préférence entre 100 et 500 mbars ;

25 - la seconde valeur prédéterminée, correspondant à la fermeture de l'organe d'ouverture-fermeture, est comprise entre 100 et 200 mbars, de préférence entre 10 et 300 mbars ;

30 - la différence entre la première valeur prédéterminée et la seconde valeur prédéterminée est supérieure à 100 mbars ;

- on récupère de l'eau, initialement présente dans l'hydrogène, en aval de la sortie de chaque compartiment anodique ;

WO 03/005472

PCT/FR02/01972

5

- on alimente chacun des deux compartiments anodiques au moyen d'un circuit d'alimentation correspondant, et en ce qu'on met en communication ces deux circuits d'alimentation avec une ligne principale d'alimentation, notamment au moyen d'une vanne trois voies, ou d'une vanne tournante.

L'invention a également pour objet une installation permettant la mise en œuvre du procédé tel que défini ci-dessus, caractérisée en ce qu'elle comprend :

10 - un ensemble de production d'énergie à base de pile à combustible, comportant au moins un bloc pile à combustible, le ou les bloc(s) pile à combustible possédant deux compartiments anodiques,

15 - deux circuits de raccordement reliant la sortie de chaque compartiment anodique à l'entrée de l'autre compartiment anodique,

- des premier et second organes d'ouverture-fermeture, en particulier des clapets, dont chacun est disposé sur un circuit de raccordement correspondant, 20 chaque organe possédant une entrée et une sortie d'un mélange à base d'hydrogène, provenant de la sortie d'un compartiment anodique correspondant, un passage mis en communication avec la sortie, ainsi qu'un piston monté de façon mobile par rapport au corps, entre une position d'écoulement, dans laquelle l'entrée est mise en 25 communication avec le passage, et une position de fermeture, dans laquelle ce piston empêche l'écoulement dudit mélange en direction de la sortie,

- chaque organe d'ouverture-fermeture étant apte 30 à passer de sa position de fermeture à sa position d'ouverture lorsque la différence de pressions entre les compartiments anodiques, correspondant à la différence entre, d'une part, la pression régnant à la sortie de l'un des compartiments anodiques et, d'autre part, la pression

WO 03/005472

PCT/FR02/01972

6

régnant à l'entrée ou à la sortie de l'autre de ces compartiments, devient supérieure à une première valeur prédéterminée, et cet organe d'ouverture-fermeture étant apte à passer de sa position d'ouverture à sa position de  
5 fermeture lorsque ladite différence de pressions devient inférieure à une seconde valeur prédéterminée, sensiblement inférieure à ladite première valeur prédéterminée.

Selon d'autres caractéristiques de l'invention :

- la différence de pressions entre les  
10 compartiments correspond à la différence entre la pression de sortie de l'un des compartiments et la pression d'entrée de l'autre de ces compartiments ;

- l'entrée et la sortie de chaque organe sont co-axiales.

15 - dans sa position de fermeture, le piston possède une première surface d'application de la pression, exercée par le mélange provenant de l'entrée, qui est sensiblement plus faible qu'une seconde surface d'application de la pression, exercée par le mélange  
20 provenant de la sortie, dans la position d'ouverture de ce piston ;

- la différence de pressions entre les deux compartiments correspond à la différence entre la pression de sortie de l'un des compartiments, et la pression de  
25 sortie de l'autre de ces compartiments ;

- l'entrée de chaque organe est -co-axiale à une tubulure permettant la mise en communication dudit organe avec la sortie de l'autre compartiment ;

- la sortie dudit organe est placée sur une paroi  
30 latérale du corps de l'organe d'ouverture-fermeture ;

- dans sa position de fermeture, le piston possède une première surface d'application de la pression, exercée par le mélange provenant de l'entrée, qui est sensiblement plus faible qu'une seconde surface



WO 03/005472

PCT/FR02/01972

7

d'application de la pression, exercée par le mélange provenant de la tubulure de mise en communication, dans la position d'ouverture du piston ;

- la première surface d'application de la pression appartient à une extrémité conique du piston, alors que la seconde surface d'application de la pression est délimitée par un joint torique ;

- elle comprend en outre des moyens de récupération de l'eau, initialement présente dans l'hydrogène, qui sont disposés en aval de la sortie de chaque compartiment anodique ;

- elle comprend deux circuits permettant l'alimentation d'un compartiment anodique correspondant, une ligne principale d'alimentation en hydrogène et des moyens permettant de mettre en communication ladite ligne principale avec les deux circuits d'alimentation, notamment une vanne trois voies ou une vanne tournante.

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple non limitatif et faite en se référant aux dessins annexés, sur lesquels :

- les figures 1 et 2 sont des vues schématiques, illustrant une première variante de réalisation d'une installation de mise en œuvre du procédé de l'invention, dans deux configurations différentes ;

- la figure 3 est une vue en coupe diamétrale, illustrant un clapet appartenant à l'installation des figures 1 et 2 ;

- la figure 4 est une vue en coupe selon la ligne IV-IV à la figure 3 ;

- les figures 5 et 6 sont des vues schématiques, analogues aux figures 1 et 2, illustrant un second mode de réalisation d'une installation de mise en œuvre du procédé de l'invention, dans deux configurations différentes ;

WO 03/005472

PCT/FR02/01972

8

- la figure 7 est une vue en coupe diamétrale, illustrant un clapet appartenant à l'installation des figures 5 et 6 ;

- la figure 8 est une vue en coupe selon la ligne VIII-VIII à la figure 7 ; et

- la figure 9 est une vue schématique, illustrant une vanne tournante susceptible d'équiper, soit l'installation des figures 1 et 2, soit l'installation des figures 5 et 6.

La figure 1 illustre un ensemble de production d'énergie, qui comprend deux blocs pile à combustible. Chacun de ces derniers comporte un compartiment anodique 2, 2', ainsi qu'un compartiment cathodique non représenté.

Au sens de l'invention, un compartiment, notamment anodique, est constitué par un ensemble de cellules et/ou de demi-cellules, qui sont isolées physiquement les unes des autres, mais dont les entrées et les sorties de fluide sont communes. Les cellules ou demi-cellules d'un compartiment anodique considéré peuvent appartenir à un même bloc pile, comme sur les figures 1 et 2, ou bien encore à des blocs pile différents.

Par ailleurs, les deux compartiments anodiques peuvent appartenir à deux blocs pile différents, comme dans l'exemple décrit et représenté. A titre de variante, ces deux compartiments anodiques peuvent être réunis au sein d'un même bloc pile.

Chaque compartiment anodique 2, 2' a son entrée 4, 4', connectable à un circuit 6, 6' d'alimentation en hydrogène. Selon un aspect de l'invention, il est prévu une ligne principale d'alimentation en hydrogène 8, mise sélectivement en communication, via une vanne trois voies 10, avec chaque circuit 6, 6'.

WO 03/005472

PCT/FR02/01972

9

En outre, la sortie 12, 12' de chaque compartiment anodique est reliée à un circuit 14, 14' d'évacuation de l'hydrogène consommé dans chaque compartiment anodique 2, 2'.

5 De manière classique, cet hydrogène est mélangé à de l'eau, qui a été produite au niveau de la cathode (non représentée), et a traversé une membrane, également non représentée, séparant cette cathode du compartiment anodique. Cet hydrogène est également mélangé à de l'azote, 10 ayant diffusé à travers la membrane précitée, ainsi qu'à d'éventuelles impuretés.

Chaque bloc pile à combustible est en outre classiquement équipé de deux circuits supplémentaires, non représentés, permettant respectivement l'alimentation en 15 air de chaque compartiment cathodique, et l'évacuation, hors de ce compartiment, d'un mélange d'air appauvri et d'eau.

En faisant à nouveau référence aux figures 1 et 2, chaque circuit d'évacuation 14, 14' est muni d'un 20 séparateur de liquide 16, 16', de type connu, qui possède une sortie 18, 18' permettant l'élimination de l'eau. En aval de ce séparateur 16, 16', chaque conduit d'évacuation 14, 14', appartenant à un compartiment anodique considéré 2, 2', est raccordé au circuit d'alimentation 6', 6 de 25 l'autre compartiment anodique 2', 2 via un clapet 20, 20', dont l'un 20 est représenté de façon plus précise sur les figures 3 et 4. Chaque clapet est disposé, de préférence, en aval d'un séparateur 16, 16' correspondant.

Dans le mode de réalisation représenté sur les figures 30 3 et 4, le clapet 20 comprend un corps 22 sensiblement cylindrique comportant, à une première extrémité, deux épaulements rentrants consécutifs, définissant ainsi, de haut en bas sur la figure 3, un gradin intermédiaire 28, puis un siège 30.

WO 03/005472

PCT/FR02/01972

10

Le siège 30 est percé d'un orifice central 32, formant une entrée E du clapet. Une rondelle 40, à l'intérieur de laquelle est logé un joint annulaire 42, est plaquée contre ce siège 30.

5 Le corps 22 se prolonge, au-delà du siège 30, par un col 34, dans le volume intérieur duquel est reçue, avec interposition de joints toriques 38, l'extrémité d'une tubulure 36 qui appartient au circuit d'évacuation 14, et qui achemine, vers l'entrée E, le mélange d'hydrogène,  
10 d'eau et d'azote.

A son autre extrémité, le corps 22 est rendu solidaire d'un bouchon 44, pourvu d'un orifice central 46, formant une sortie S du clapet, disposée en regard de l'entrée E.

Ce bouchon 44 est pourvu d'un logement central 48,  
15 dans lequel est reçue, avec interposition de joints toriques 52, l'extrémité d'une tubulure 50 qui appartient au circuit 14, et permet d'évacuer le mélange admis par la tubulure 36, en direction du circuit d'alimentation 6' de l'autre compartiment anodique 2'.

20 Le bouchon 44 est vissé dans le corps 22, via une portion filetée 54, susceptible de coopérer avec un tronçon taraudé 56 en regard, ménagé sur la paroi intérieure du corps 22, ce qui permet de modifier le positionnement relatif axial du bouchon par rapport au corps, de façon à  
25 régler la tension d'un ressort, décrit ci-après.

La face amont du bouchon 44, opposée à la tubulure d'évacuation 50, est creusée d'une gorge annulaire, dans laquelle est reçu un joint 58. Cette face avant comporte en outre un épaulement 60 définissant, à la périphérie  
30 extérieure de l'orifice 46, un siège 62 permettant l'appui d'un ressort, comme cela sera décrit dans ce qui suit.

Le clapet 22 comprend, de plus, un piston 64 monté de façon mobile dans le volume intérieur du corps 22. Ce

WO 03/005472

PCT/FR02/01972

11

piston possède un fût 66 cylindrique percé de deux orifices radiaux 68, visibles en particulier sur la figure 4.

Le fût 66 est prolongé, à son extrémité aval, tournée vers le bouchon 44, par un épaulement sortant 70, un voile 5 72, puis une collerette périphérique 74. Il est à noter que, en regard de ce voile 72 et de cette collerette 74, la paroi intérieure du corps 22 est creusée d'un renforcement périphérique 76.

Par ailleurs, à son extrémité amont, le fût 66 est 10 prolongé par un rebord sortant 78, dont la face amont, tournée vers la rondelle 40, forme une plage périphérique 80. Le piston possède une extrémité amont 82, dont la face amont conique 84 fait saillie à partir de cette plage 80.

La face aval plane 85 de l'extrémité 82 reçoit un 15 ressort 86 de rappel élastique du piston, dans sa position de fermeture. L'autre extrémité de ce ressort prend appui contre le siège 62 du bouchon 44.

Le fonctionnement de l'installation des figures 1 et 2 va maintenant être explicité dans ce qui suit.

20 Dans une première phase de ce fonctionnement, le clapet 20 est dans sa position de fermeture, dans laquelle il empêche tout écoulement du mélange d'hydrogène, d'eau et d'azote, vers la tubulure d'évacuation 50.

Dans cette configuration, la face conique 84 de 25 l'extrémité 82 du piston 64 prend appui contre le joint annulaire 42, selon un contact à peu près linéique. Il est à noter que les parois en regard du gradin 28, de la rondelle 40 et de la plage 80 forment une chambre intermédiaire 88, sensiblement fermée.

30 Par ailleurs, dans cette position de fermeture, la collerette 74 du piston 64 s'étend radialement en regard du renforcement 76, et, axialement, à distance du joint 58 solidaire du bouchon 44.

WO 03/005472

PCT/FR02/01972

12

Dans cette première phase, on alimente uniquement le premier compartiment anodique 2 en hydrogène, via la ligne 8 et le circuit 6.

Dans ces conditions, puisque le clapet 20 est fermé, le second compartiment anodique 2' n'est pas alimenté en hydrogène. De plus, étant donné que de l'hydrogène est consommé, dans ce second compartiment 2', ce dernier voit sa pression diminuer au fil du temps.

En revanche, la pression reste stable au sein du premier compartiment anodique 2, qui est alimenté en permanence en hydrogène. De la sorte, la différence de pressions entre ces deux compartiments 2, 2' a tendance à augmenter.

Dans un but de clarté, la ligne principale 8, le circuit d'alimentation 6, le compartiment 2, ainsi que la partie du circuit d'évacuation 14, située en aval du clapet 20, sont représentés en trait gras, étant donné qu'ils sont alimentés en hydrogène, les autres éléments illustrés sur la figure 1 étant en revanche représentés en traits maigres.

Dans un premier temps, la différence de pressions entre les compartiments ne permet pas de repousser de façon sensible le piston 64 vers le bouchon 44. En effet, la surface d'application de la pression est relativement peu importante, dans la mesure où elle se limite à la région 84' de la face conique 84, située au voisinage du joint annulaire 42.

Puis, lorsque la différence de pressions  $\Delta P$  entre la sortie 12 du premier compartiment 2 et l'entrée 4' du second compartiment 2' devient supérieure à une valeur prédéterminée  $V_1$ , par exemple voisine de 300 mbars, ceci provoque un mouvement axial important du piston. Ainsi, ce dernier vient en butée, par sa collerette 74, contre le

WO 03/005472

PCT/FR02/01972

13

joint 58. Ceci correspond à la position d'ouverture du piston, illustrée sur la gauche de la figure 3.

Le mélange à base d'hydrogène, admis par la tubulure 36, s'écoule alors entre le joint 42 et l'extrémité 82, en direction des passages périphériques 90, visibles notamment sur la figure 4, qui s'étendent entre les parois en regard du corps et du piston. Ce mélange pénètre ensuite à l'intérieur de ce piston 44, via les orifices 68, puis se trouve évacué du clapet 20 par la tubulure de sortie 50.

Ceci contribue à alimenter, via le circuit 6', le second compartiment anodique 2'. Une telle configuration est illustrée sur la figure 2, dans laquelle la partie aval du circuit d'évacuation 14, le second compartiment 2', ainsi que la partie amont de son circuit d'évacuation 14' sont désormais représentés en traits gras.

Cette admission d'hydrogène dans le compartiment 2' contribue à égaliser les pressions régnant dans les deux compartiments anodiques 2, 2'. Lorsque la différence de pression précitée  $\Delta P$ , entre la sortie 12 et l'entrée 4', devient inférieure à une seconde valeur prédéterminée  $V_2$ , le piston 64 est alors repoussé axialement dans sa position de fermeture, illustrée sur la partie droite de la figure 3.

Cette seconde valeur  $V_2$ , par exemple voisine de 50 mbars, est sensiblement inférieure à  $V_1$ . Cette différence provient du fait que la surface d'application de la pression, permettant de faire passer le piston de sa position d'ouverture à sa position de fermeture, est notablement plus importante que la surface d'application de la pression, permettant de faire passer le piston de sa position de fermeture à sa position d'ouverture.

En effet, pour repousser le piston dans sa position de fermeture, la pression exercée par le fluide, qui s'oppose à la force du ressort, prend appui sur la surface

WO 03/005472

PCT/FR02/01972

14

périphérique délimitée par le joint 58. Or, ce joint 58 possède un diamètre supérieur au joint 42, délimitant la région 84', qui est prévu au voisinage de l'orifice 32.

5 Ce joint 58 possède donc une surface d'application de la pression, bien plus grande que celle de la région 84' précitée, contre laquelle le fluide appuie pour repousser le piston dans sa position d'ouverture.

10 Il est possible de moduler la différence entre ces deux valeurs prédéterminées V1 et V2, en modifiant la position axiale du bouchon 44 par rapport au corps 22. Un tel déplacement, qui est effectué par vissage du bouchon, permet en effet de faire varier la tension du ressort de rappel 86.

15 Lorsque le clapet 20 retrouve sa position de fermeture, le second compartiment 2' ne reçoit plus d'hydrogène, ce qui correspond à l'agencement précédemment décrit en référence à la figure 1.

20 Dans ces conditions, la différence de pressions entre les deux compartiments anodiques 2, 2' augmente à nouveau, comme cela a été explicité ci-dessus. Une fois la différence de pressions  $\Delta P$  supérieure à V1, le piston se déplace à nouveau axialement, de sorte que le clapet retrouve sa position d'ouverture illustrée à gauche de la figure 3.

25 Ces mouvements cycliques du clapet contribuent donc à établir une circulation alternée d'hydrogène, en aval de ce clapet. Il est à noter que, lorsque l'hydrogène est dirigé vers le circuit d'alimentation 6' du second compartiment 2', il s'écoule selon un débit violent. En effet, un tel  
30 écoulement, qui assure une purge de l'eau et de l'hydrogène, est subordonné à une différence de pressions substantielle entre les deux compartiments, à savoir supérieure à la première valeur prédéterminée V1.



WO 03/005472

PCT/FR02/01972

15

Au bout d'un certain nombre de cycles du clapet 20, et donc de purges d'hydrogène vers le compartiment 2', on modifie l'agencement de la vanne trois voies 10, de sorte que la ligne 8 alimente désormais, via le circuit 6', le  
5 second compartiment anodique 2'. Les mouvements du clapet 20' dépendent alors de la différence de pressions existant entre la sortie 12' du compartiment 2' et l'entrée 4 du compartiment 6.

On alimente ainsi en hydrogène un compartiment  
10 considéré pendant une durée de référence, qui est comprise entre environ 0,1 et 5 fois la durée théorique, nécessaire pour consommer tout l'hydrogène présent dans un compartiment par le courant qui y circule, si ce compartiment était complètement fermé.

15 Les figures 5 à 8 illustrent une variante de réalisation de l'invention, dans laquelle les éléments analogues à ceux des figures 1 à 4 sont affectés des mêmes numéros de référence, augmentés de 100.

Chaque clapet 120, 120' diffère de celui 20, 20'  
20 décrit en référence aux figures 1 à 4, selon les aspects suivants.

Tout d'abord, la tubulure 150 du clapet 120, qui permet d'évacuer le mélange admis par la tubulure 136 en direction du circuit d'alimentation 106' du second  
25 compartiment 102', ne s'étend pas de façon co-axiale à cette tubulure 136.

En effet, cette tubulure 150 est raccordée aux parois latérales du corps 122. A cet effet, l'extrémité de cette tubulure 150 prend appui contre un épaulement rentrant 151  
30 réalisé dans la paroi précitée, et se trouve solidarisée au corps par soudage avant usinage.

Par ailleurs, le bouchon 144 du clapet 120 reçoit, dans son logement 148, une tubulure 192 co-axiale à l'entrée E du clapet. Cette tubulure, qui débouche dans le

WO 03/005472

PCT/FR02/01972

16

circuit d'évacuation 114' de l'autre compartiment anodique 102', en amont du clapet 120', est ainsi mise en communication avec la sortie de ce second compartiment.

De façon analogue, il existe une tubulure 192',  
5 reliant le clapet 120' à la partie amont du circuit d'évacuation 114.

Par ailleurs, le piston 164 est dépourvu d'orifices, tels que ceux 68 décrits précédemment. Ainsi, le fluide susceptible de s'écouler vers le passage périphérique 190,  
10 ne peut être évacué par la tubulure 192. En revanche, ce fluide est dirigé vers la tubulure radiale 150, qui constitue ainsi la sortie S du clapet 120.

Le fonctionnement de l'installation des figures 5 et 6 est le suivant.

15 Dans une première phase, le clapet 120 est dans sa position de fermeture, dans laquelle il empêche tout écoulement du mélange à base d'hydrogène, en direction de la tubulure axiale 150.

Dans cette première phase, on alimente uniquement le  
20 premier compartiment anodique 102 en hydrogène, via la ligne 108 et le circuit 106. Dans ces conditions, puisque le clapet 120 est fermé, le second compartiment 102' n'est pas alimenté en hydrogène.

Dans un but de clarté, sur la figure 5, la ligne 108,  
25 le circuit 106, le compartiment 102, ainsi que la partie du circuit 114 située en aval du clapet 120, sont représentés en traits gras, puisqu'ils sont alimentés en hydrogène, les autres éléments illustrés étant en revanche représentés en traits maigres.

30 Au fil du temps, la pression dans le second compartiment 102' diminue, puisque de l'hydrogène y est consommé sans que ce compartiment ne soit alimenté. En revanche, la pression reste stable au sein du premier compartiment, qui est alimenté en permanence en hydrogène.

WO 03/005472

PCT/FR02/01972

17

De la sorte, la différence de pressions entre ces deux compartiments 102, 102' a tendance à augmenter.

Il convient de noter que les mouvements axiaux du piston sont régis par la différence de pressions  $\Delta P'$  existant entre la sortie 112 du premier compartiment 102 et la sortie 112' du second compartiment 102', et non pas l'entrée de ce second compartiment comme dans l'exemple précédent. En effet, le déplacement du piston vers sa position de fermeture peut uniquement être induit par l'action du fluide présent dans la tubulure 192, qui est raccordée à la sortie du second compartiment.

Ceci étant posé, lorsque cette différence de pressions  $\Delta P'$  devient supérieure à une valeur prédéterminée  $V'1$ , par exemple voisine de 300 mbars, ceci provoque un déplacement du piston dans la position d'ouverture, illustrée sur la gauche de la figure 7.

Le mélange à base d'hydrogène, admis par la tubulure 136, s'écoule alors entre le joint 142 et l'extrémité 182, en direction du passage périphérique 190. Puis, ce mélange est évacué par la tubulure de sortie 150, vers le circuit d'alimentation 106' du second compartiment 102'.

Cette dernière configuration est illustrée sur la figure 6, dans laquelle la partie aval du circuit d'évacuation 114, le second compartiment 102', ainsi que la partie amont de son circuit d'évacuation 114' sont désormais représentés en traits gras.

Cette admission d'hydrogène dans le compartiment 102' contribue à égaliser les pressions régnant dans les deux compartiments anodiques 102, 102'. Lorsque la différence de pressions  $\Delta P'$ , existant entre les sorties 112 et 112', devient inférieure à une seconde valeur prédéterminée  $V'2$ , le piston 164 est alors repoussé axialement dans sa position de fermeture, illustrée dans la partie droite de la figure 7.

WO 03/005472

PCT/FR02/01972

18

Cette seconde valeur  $V'2$ , par exemple voisine de 50 mbars, est sensiblement inférieure à  $V'1$ . Cette différence s'explique de façon analogue à celle, explicitée précédemment, existant entre les valeurs  $V1$  et  $V2$ .

5 Lorsque le clapet 120 retrouve sa position de fermeture, le second compartiment 102' ne reçoit plus d'hydrogène, de sorte que l'installation se trouve à nouveau dans son agencement de la figure 5.

Puis, la différence de pressions  $\Delta P'$  augmente à  
10 nouveau de sorte que, une fois qu'elle redevient supérieure à  $V'1$ , le piston retrouve sa position d'ouverture illustrée à gauche de la figure 7.

De façon analogue à ce qui a été décrit en référence aux figures 1 à 4, des mouvements cycliques du clapet  
15 s'établissent, accompagnés d'une circulation alternée d'hydrogène en aval du clapet 120.

La figure 9 représente une variante supplémentaire de réalisation, dans laquelle la vanne trois voies 10, 110 est remplacée par une vanne tournante, désignée dans son  
20 ensemble par la référence 11.

Cette vanne tournante 11 possède un logement cylindrique 13, dans lequel débouchent la ligne 8, ainsi que les circuits d'alimentation 6 et 6'. Ce logement 13 reçoit par ailleurs un volet rotatif 15, dont le diamètre  
25 extérieur est voisin de celui du logement.

Cet agencement permet d'alimenter en permanence un unique circuit 6 ou 6', comme dans le cas de l'utilisation de la vanne trois voies 110, 110'. Par ailleurs, l'utilisation de cette vanne tournante 11 est  
30 particulièrement avantageuse, en termes de coût.

L'invention permet de réaliser les objectifs précédemment mentionnés.

En effet, prévoir deux compartiments anodiques, et alimenter le second à partir du premier, uniquement lorsque

WO 03/005472

PCT/FR02/01972

19

la différence de pressions entre ces deux compartiments est supérieure à une valeur prédéterminée, induit une purge violente et, de ce fait, efficace de l'hydrogène. De la sorte, les différents gaz mélangés à l'hydrogène sont  
5 brassés de manière satisfaisante, alors que l'eau peut être séparé de cet hydrogène de façon optimale.

En outre, effectuer cette purge en fonction de la différence de pressions régnant entre les sorties des deux compartiments est avantageux. Ceci permet en effet de tenir  
10 compte des éventuelles pertes de charges, existant entre l'entrée et la sortie de ce second compartiment.

WO 03/005472

PCT/FR02/01972

20

REVENDEICATIONS

1. Procédé de purge de l'eau incluse dans le circuit hydrogène d'un ensemble de production d'énergie à base de pile à combustible, comportant au moins un bloc pile à combustible, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes suivantes :

- on réalise le ou les bloc(s) pile à combustible, de manière à lui (leur) faire comporter deux compartiments anodiques (2, 2' ; 102, 102'),

- on raccorde la sortie (12, 12' ; 112, 112') de chaque compartiment anodique à l'entrée (4', 4 ; 104', 104) de l'autre compartiment anodique,

- on dispose des premier et second organes d'ouverture-fermeture, (20, 20' ; 120, 120'), respectivement entre la sortie (12 ; 112) du premier compartiment anodique (2 ; 102) et l'entrée (4' ; 104') du second compartiment anodique (2' ; 102'), et entre la sortie (12' ; 112') du second compartiment anodique (2') et l'entrée (4 ; 104) du premier compartiment anodique (2 ; 102) ; et

- on ouvre chaque organe d'ouverture-fermeture, de manière à générer un écoulement d'hydrogène de l'un (2 ou 2' ; 102 ou 102') vers l'autre (2' ou 2 ; 102' ou 102) de ces compartiments, lorsque la différence de pressions ( $\Delta P$  ;  $\Delta P'$ ) entre ces compartiments devient supérieure à une première valeur prédéterminée ( $V1$  ;  $V'1$ ), alors qu'on ferme chaque organe d'ouverture-fermeture, de manière à arrêter ledit écoulement, lorsque ladite différence de pressions ( $\Delta P$  ;  $\Delta P'$ ) devient inférieure à une seconde valeur prédéterminée ( $V2$  ;  $V'2$ ), sensiblement inférieure à ladite première valeur prédéterminée ( $V1$  ;  $V'1$ ).

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que ladite différence de pressions ( $\Delta P$ ) entre les deux

WO 03/005472

PCT/FR02/01972

21

compartiments (2, 2') correspond à la différence entre la pression régnant à la sortie (12 ou 12') de l'un (2 ou 2') des compartiments, et la pression régnant à l'entrée (4' ou 4) de l'autre (2' ou 2) de ces compartiments.

5        3. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que ladite première valeur prédéterminée (V1), correspondant à l'ouverture de l'organe d'ouverture-fermeture (20, 20'), est comprise entre 50 et 1 000 mbars, de préférence entre 200 et 500 mbars.

10       4. Procédé selon l'une des revendications 2 ou 3, caractérisé en ce que la seconde valeur prédéterminée (V2), est comprise entre 10 et 300 mbars, de préférence entre 50 et 100 mbars.

15       5. Procédé selon l'une des revendications 2 à 4, caractérisé en ce que la différence entre la première valeur prédéterminée (V1) et la seconde valeur prédéterminée (V2) est supérieure à environ 100 mbars.

20       6. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que ladite différence de pressions ( $\Delta P'$ ) entre les deux compartiments (102, 102') correspond à la différence entre la pression régnant à la sortie (112 ou 112') de l'un (102 ou 102') des compartiments, et la pression régnant à la sortie (112' ou 112) de l'autre (102' ou 102) de ces compartiments.

25       7. Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce que ladite première valeur prédéterminée (V'1), correspondant à l'ouverture de l'organe d'ouverture-fermeture (120, 120'), est comprise entre 50 et 1 000 mbars, de préférence entre 100 et 500 mbars.

30       8. Procédé selon l'une des revendications 6 ou 7, caractérisé en ce que en ce que la seconde valeur prédéterminée (V'2), correspondant à la fermeture de l'organe d'ouverture-fermeture (120, 120'), est comprise

WO 03/005472

PCT/FR02/01972

22

entre 200 et 300 mbars, de préférence entre 10 et 200 mbars.

9. Procédé selon l'une des revendications 6 à 8, caractérisé en ce que la différence entre la première valeur prédéterminée (V'1) et la seconde valeur  
5 prédéterminée (V'2) est supérieure à 100 mbars.

10. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'on récupère (par 16, 16' ; 116, 116') de l'eau, initialement présente dans  
10 l'hydrogène; en aval de la sortie (12, 12' ; 112, 112') de chaque compartiment anodique (2, 2' ; 102, 102').

11. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'on alimente chacun des deux compartiments anodiques (2, 2' ; 102, 102') au moyen  
15 d'un circuit d'alimentation (6, 6' ; 106, 106') correspondant, et en ce qu'on met sélectivement en communication ces deux circuits d'alimentation avec une ligne principale d'alimentation (8 ; 108).

12. Installation pour la mise en œuvre du procédé  
20 selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce qu'elle comprend :

- un ensemble de production d'énergie à base de pile à combustible, comportant au moins un bloc pile à combustible, le ou les bloc(s) pile à combustible possédant  
25 deux compartiments anodiques (2, 2' ; 102, 102'),

- deux circuits de raccordement (14, 14' ; 114, 114') reliant la sortie (12, 12' ; 112 ; 112') de chaque compartiment anodique à l'entrée (4', 4 ; 104' ; 104) de l'autre compartiment anodique,

- des premier et second organes d'ouverture-fermeture (20, 20' ; 120, 120'), disposés chacun dans un circuit de raccordement correspondant, chaque organe (20, 20' ; 120, 120') possédant une entrée (E) et une sortie (S) d'un mélange à base d'hydrogène, provenant de la sortie  
30



WO 03/005472

PCT/FR02/01972

23

(12, 12' ; 112, 112') d'un compartiment anodique correspondant, un passage (90 ; 190) communiquant avec la sortie (S), ainsi qu'un piston (64 ; 164) monté de façon mobile par rapport au corps, entre une position  
5 d'ouverture, dans laquelle l'entrée (E) est mise en communication avec le passage (90 ; 190), et une position de fermeture, dans laquelle ce piston empêche l'écoulement dudit mélange en direction de la sortie (S),

- chaque organe d'ouverture-fermeture étant apte  
10 à passer de sa position de fermeture à sa position d'ouverture lorsque la différence de pressions ( $\Delta P$ ,  $\Delta P'$ ) entre les compartiments anodiques devient supérieure à une première valeur prédéterminée ( $V1$  ;  $V'1$ ), et cet organe d'ouverture-fermeture étant apte à passer de sa position  
15 d'ouverture à sa position de fermeture lorsque ladite différence de pressions devient inférieure à une seconde valeur prédéterminée ( $V2$  ;  $V'2$ ), sensiblement inférieure à ladite première valeur prédéterminée.

13. Installation selon la revendication 12,  
20 caractérisée en ce que l'entrée (E) et la sortie (S) de chaque organe (20, 20') sont co-axiales.

14. Installation selon la revendication 13,  
caractérisée en ce que, dans sa position de fermeture, le piston (64) possède une première surface (84')  
25 d'application de la pression, exercée par le mélange provenant de l'entrée (E), qui est sensiblement plus faible qu'une seconde surface (58) d'application de la pression, exercée par le mélange provenant de la sortie (S), dans la position d'ouverture de ce piston.

30 15. Installation selon la revendication 12, caractérisé en ce que l'entrée (E) de chaque organe (120, 120') est co-axiale à une tubulure (192) permettant la mise en communication dudit organe avec la sortie de l'autre compartiment.

WO 03/005472

PCT/FR02/01972

24

16. Installation selon la revendication 15, caractérisée en ce que la sortie (S) dudit organe est placée sur une paroi latérale du corps (122) de l'organe d'ouverture-fermeture (120).

5 17. Installation selon l'une des revendications 15 ou 16, caractérisée en ce que, dans sa position de fermeture, le piston (164) possède une première surface (184') d'application de la pression, exercée par le mélange provenant de l'entrée (E), qui est sensiblement plus faible  
10 qu'une seconde surface (158) d'application de la pression, exercée par le mélange provenant de la tubulure (192) de mise en communication, dans la position d'ouverture du piston.

18. Installation selon la revendication 14 ou 17,  
15 caractérisée en ce que la première surface (84' ; 184') d'application de la pression appartient à une extrémité conique (84 ; 184) du piston, alors que la seconde surface d'application de la pression est délimitée par un joint torique (58 ; 158).

20 19. Installation selon l'une des revendications 14 à 18, caractérisée en ce qu'elle comprend en outre des moyens (16, 16' ; 116, 116') de récupération de l'eau, initialement présente dans l'hydrogène, qui sont disposés en aval de la sortie (12, 12' ; 112, 112') de chaque  
25 compartiment anodique.

20. Installation selon l'une des revendications 14 à 19, caractérisée en ce qu'elle comprend deux circuits (6, 6' ; 106, 106') permettant l'alimentation d'un compartiment anodique correspondant, une ligne principale (8 ; 108)  
30 d'alimentation en hydrogène et des moyens de commutation multi-voies (10, 11 ; 110) permettant de mettre sélectivement en communication la ligne principale avec l'un ou l'autre des deux circuits d'alimentation.

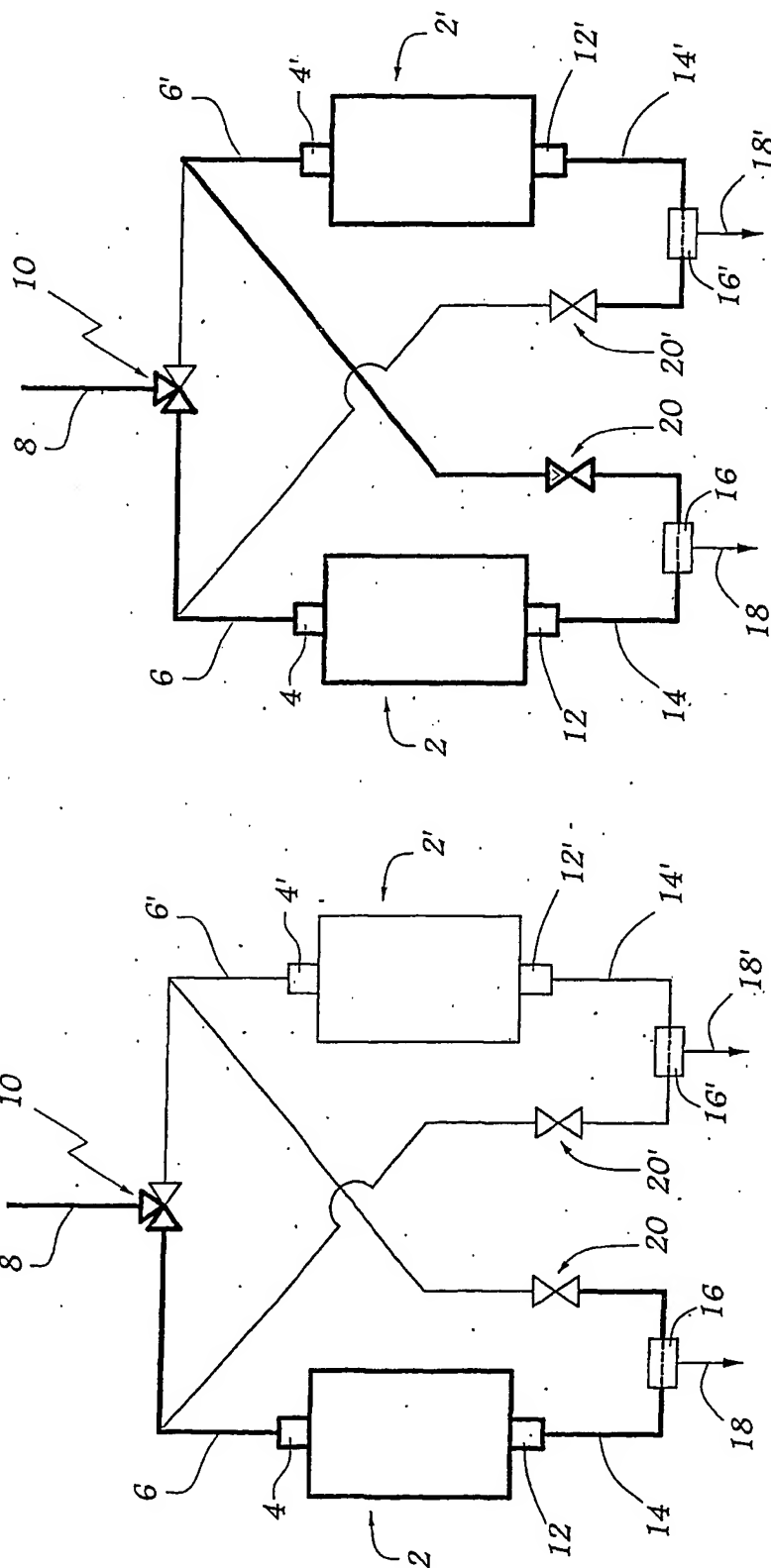
$\frac{1}{5}$ 

Fig. 2

Fig. 1

WO 03/005472

PCT/FR02/01972

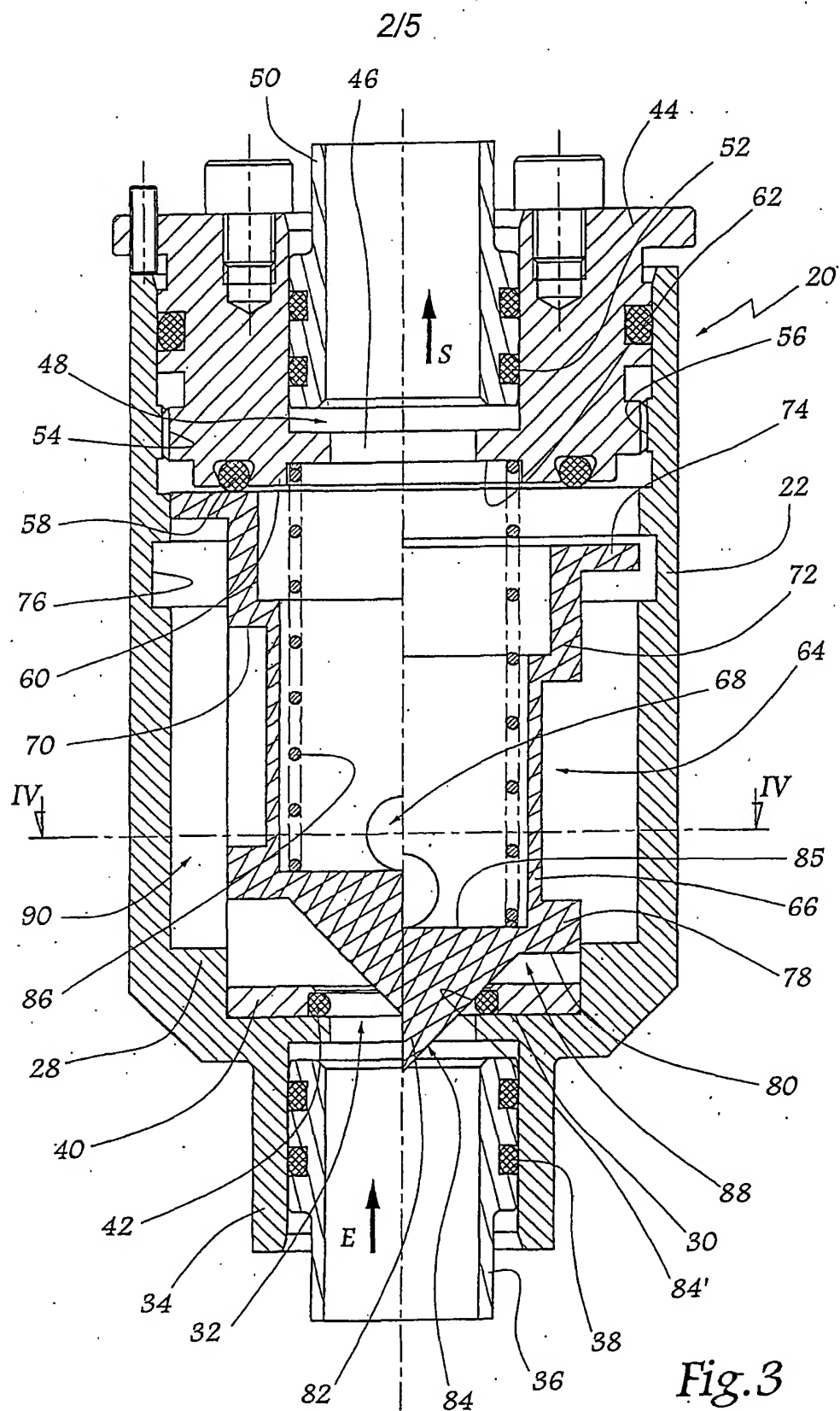


Fig. 3

WO 03/005472

PCT/FR02/01972

3/5

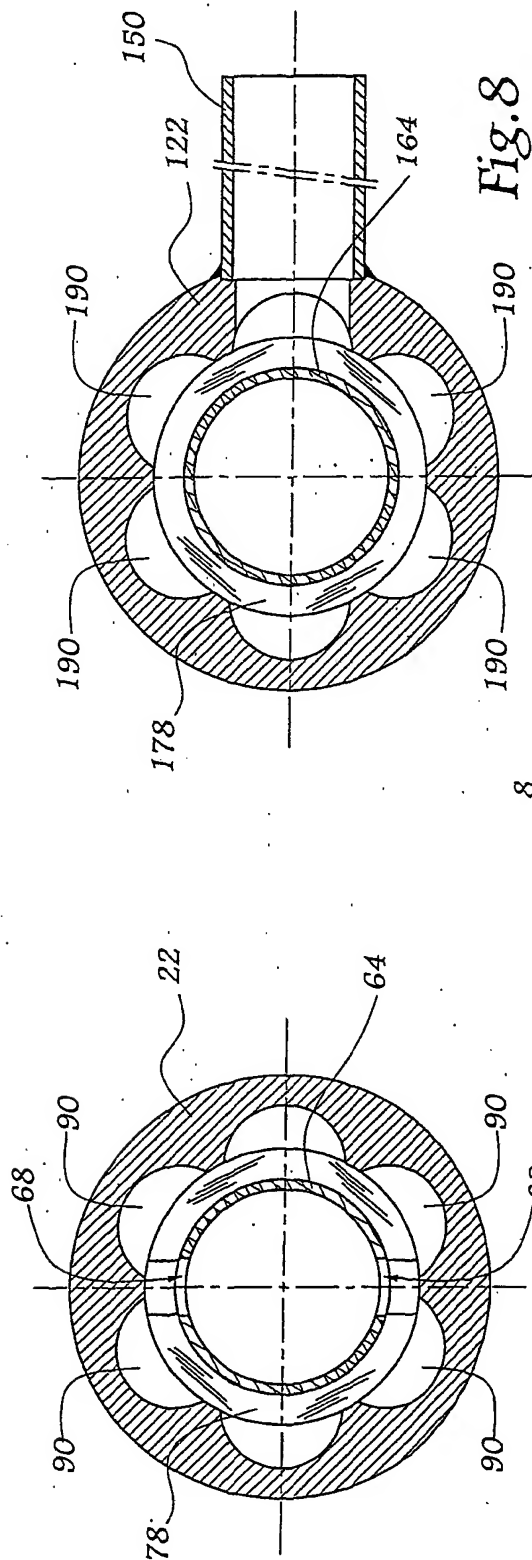


Fig. 8

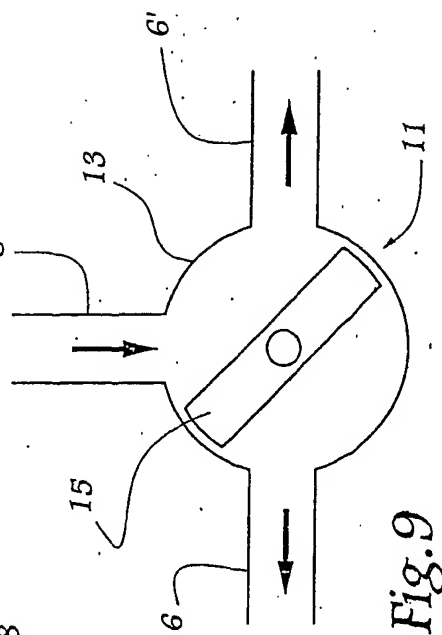


Fig. 9

Fig. 4

WO 03/005472

PCT/FR02/01972

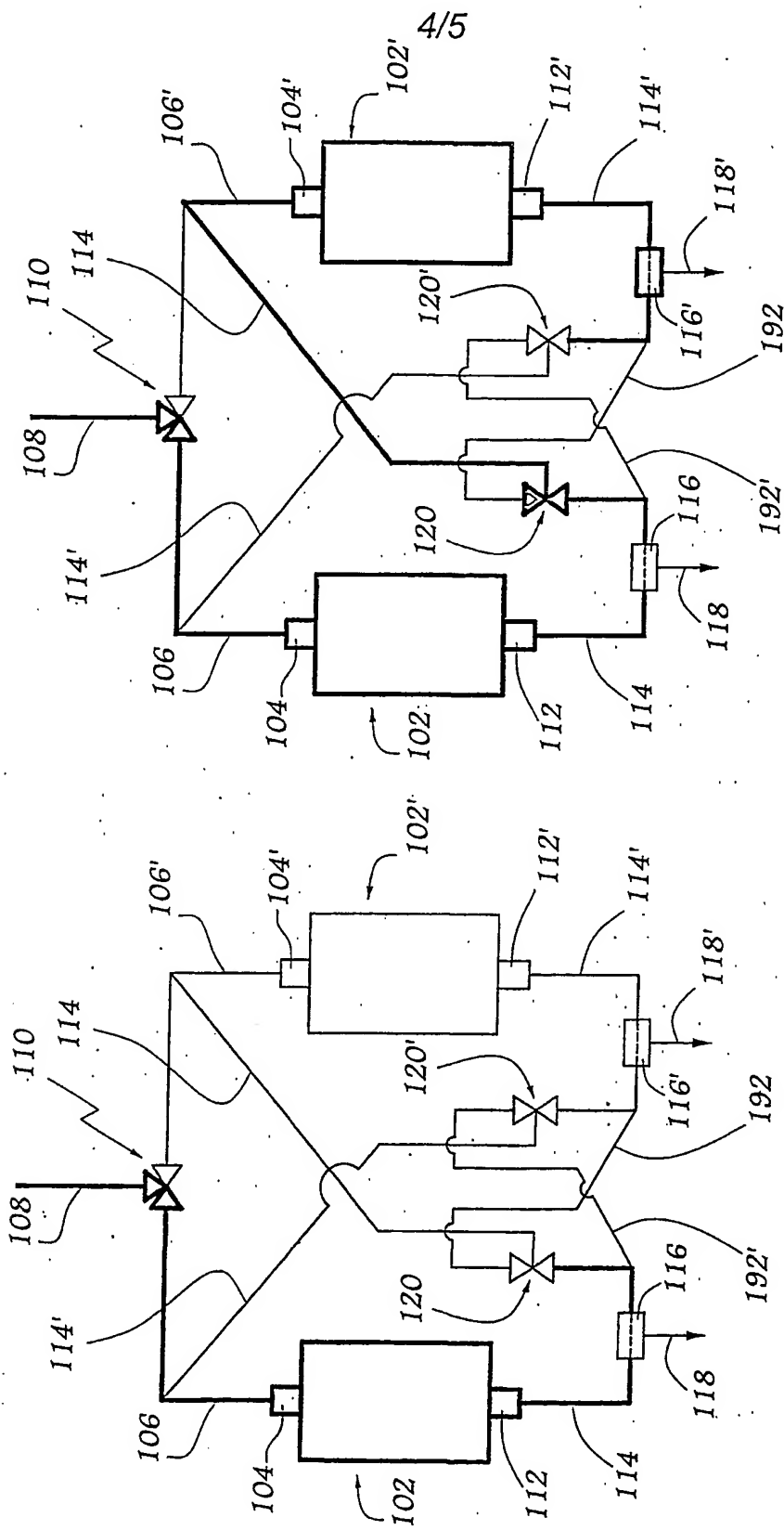


Fig. 6

Fig. 5

**WO 03/005472**

**PCT/FR02/01972**

5/5

